

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Апасова Владимира Ивановича на тему «Разработка и исследование комбинированного понижающе-повышающего преобразователя системы электроснабжения автоматического космического аппарата», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 – «Силовая электроника»

Актуальность темы диссертационной работы

Рассматриваемый в диссертационной работе комбинированный понижающе-повышающий преобразователь постоянного напряжения относится к классу непосредственных импульсных преобразователей, нашедших широкое применение в системах вторичного электропитания благодаря своим массогабаритным и энергетическим показателям. Особое внимание к подобным характеристикам устройств уделяется в космическом приборостроении ввиду специфики эксплуатации.

При этом актуальным является исследование нелинейных динамических характеристик данных преобразователей, поскольку проведение подобных научных изысканий позволяет значительно улучшить их эксплуатационные и надежность характеристики. Также одной из основных мировых тенденций развития систем вторичного электропитания является унифицирование их основных узлов и модулей, что приводит к росту экономической эффективности разработки, а также позволяет снизить сроки проектирования и изготовления.

Именно поэтому диссертационная работа соискателя, в которой приведена разработка и исследование унифицированного силового модуля для системы электроснабжения автоматического космического аппарата на основе комбинированного понижающе-повышающего преобразователя, направленная на разработку рекомендаций по его проектированию и повышению уровня разработки за счет изучения его нелинейных динамических характеристик, является актуальной и современной.

Новизна результатов работы, полученных соискателем, определяется тем, что в диссертации:

- разработана структура построения системы электроснабжения автоматического космического аппарата с унифицированным силовым модулем на основе комбинированного понижающе-повышающего преобразователя, отличающаяся от аналогичных систем электроснабжения наличием динамического резервирования;
- разработана численно-аналитическая модель комбинированного преобразователя постоянного напряжения на основе дифференциальных уравнений первого порядка, учитывающая нелинейные элементы схемы с системой управления, основанной на широтно-импульсном

регулировании, с пропорциональными и пропорционально-интегрирующими звеньями в цепи обратной связи;

– определена зависимость граничного коэффициента усиления сигнала ошибки от входного напряжения, тока нагрузки, емкости выходного фильтра, определяющая области допустимой работы комбинированного преобразователя в одноцикловых режимах.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается применением теории электротехники, методов математического и компьютерного моделирования с использованием современных сред разработки программного обеспечения, численными экспериментами, результаты которых согласуются с данными, полученными экспериментальным путем.

Значимость полученных результатов для науки и производства

Представленные в диссертационной работе результаты по определению оптимальных параметров силовой части и системы управления комбинированного преобразователя постоянного напряжения, позволяющих обеспечить работу устройств в нормальном режиме в длительном поле изменения параметров, могут быть использованы на этапе проектирования и способствуют дальнейшему развитию данного научного направления.

Следует отметить, что полученные автором результаты работы имеют новизну и лежат в области вопросов, которые до настоящего времени были исследованы в недостаточной степени. Этим обуславливается высокая значимость полученных в диссертации аналитических зависимостей для дальнейшего развития научного направления в области, а также существенная важность их внедрения в учебный процесс.

Практическая значимость работы заключается в том, что:

– предложенная структура, защищенная патентом РФ на полезную модель «Автономная система электроснабжения с унифицированным силовым модулем», позволяет расширить эксплуатационные возможности системы электроснабжения путем повышения ее надежности за счет применения динамического резервирования силовых модулей;

– разработанные методики и полученные зависимости могут быть использованы для автоматизированного проектирования силовых модулей на основе комбинированного преобразователя с учетом изменения параметров схемы при длительной эксплуатации, что позволяет повысить качество проведения граничных испытаний и сократить этапы настройки и отладки готового устройства.

Анализ и содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, списка использованных источников, включающих 152 наименования, и пяти приложений.

Текст диссертации имеет общий объем 160 страниц машинописного текста, содержит 41 таблицу и 90 иллюстраций.

Во введении обоснована актуальность проводимой диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, приведены методы исследования, объект и предмет исследований, научная новизна работы, ее практическая и теоретическая значимость, показан личный вклад автора.

В первой главе приводятся результаты анализа современного состояния систем электроснабжения. Разработана классификация силовых преобразователей, применяемых при построении энергопреобразующей аппаратуры систем электроснабжения. Предложено схмотехническое исполнение построения унифицированного силового модуля на основе комбинированного преобразователя напряжения.

Во второй главе представлены результаты разработки математической и имитационной моделей комбинированного преобразователя при работе на активную и аккумуляторную нагрузки с различными корректирующими звеньями. Синтезирован алгоритм определения моментов коммутации, обеспечивающих функционирование устройства в одноцикловых режимах. Определена расчетная точность результатов математического моделирования, выполнен расчет номиналов компонентов схемы комбинированного преобразователя для использования в унифицированном силовом модуле.

В третьей главе представлены результаты имитационного и математического моделирования. Приведены результаты исследования динамических и статических характеристик разрабатываемого преобразователя. Выявлены аномальные режимы функционирования устройства, построены бифуркационные диаграммы, на основании которых определены граничные значения коэффициентов усиления сигналов ошибки при различных входных параметрах, параметрах схемы и математически описана данная зависимость.

В четвертой главе приведены экспериментальные исследования разработанного прототипа унифицированного силового модуля системы электроснабжения. Выполнена верификация имитационной и численно-аналитической моделей с экспериментальными результатами. Определен поправочный коэффициент для определения граничного коэффициента усиления.

В заключении представлены основные результаты и выводы по диссертационной работе.

В приложениях приводятся схемы замещения комбинированного преобразователя на каждом тактовом интервале, листинги рабочих программ, полученные бифуркационные зависимости и акты внедрения результатов работы.

Основные результаты диссертационной работы отражены в 21 печатной работе, среди которых 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, а также один патент РФ на полезную модель.

Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации, и дают представление как об объеме выполненного научного исследования, так и о полученных результатах.

Замечания по диссертационной работе

1. При анализе возможных схем построения энергопреобразующей аппаратуры не рассмотрен целый класс схем, который получил за рубежом название «многопортовые» преобразователи, в частности, для рассматриваемого применения - это «трехпортовые» схемы. Их достоинством является совмещение функций, выполняемых одним силовым полупроводниковым прибором, это позволяет уменьшить их количество и активные потери, а также улучшить массогабаритные показатели.
2. При выборе режимов работы силовых полупроводниковых приборов проводится практически равенство между резонансными схемами и схемами с «мягкой» коммутацией, это неверно. При параметрах и характеристиках современных силовых полупроводниковых приборов достижение предельных значений по массе, габаритам и КПД систем электропитания возможно лишь при использовании схем с «мягкой» коммутацией, что убедительно доказано промышленными образцами ряда зарубежных фирм.
3. Постулируя повышение надежности СЭС КА за счет наличия динамического резервирования силовых модулей, не приводится никаких численных оценок надежности.
4. Не очевидна необходимость постановки задачи определения закономерностей смены динамических режимов с помощью теории бифуркаций, представляется достаточным нахождение областей устойчивости известными методами до «первых» изменений сценария поведения схемы.
5. В тексте диссертации и в заключении, в частности, говорится о разработанных методиках расчета некоторых параметров, но явно в диссертации эти методики не представлены, что затрудняет их применение в инженерных расчетах.
6. В тексте диссертации не представлена структура системы электроснабжения космического аппарата, в результате не очевидно место применения разработанного унифицированного силового модуля в целом, и возникает вопрос – есть ли необходимость решения проблемы параллельной работы модулей? И если эта проблема возникает, то бифуркационный анализ должен был проводиться в системе в целом, а не в отдельном модуле.

7. В импульсных преобразователях, как правило, присутствует режим прерывистых токов, это приводит к необходимости строить адаптивные регуляторы, эта проблема в диссертации, к сожалению, не рассматривается.

Заключение

Диссертационная работа Апасова Владимира Ивановича является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные математические модели, принципы построения и способы управления, развивающие теорию импульсных преобразователей, а также расширяющие сферу их применения.

По объему, актуальности, уровню научных и практических результатов представленная работа «Разработка и исследование комбинированного понижающе-повышающего преобразователя системы электроснабжения автоматического космического аппарата» соответствует требованиям, устанавливаемым Положением о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор – Апасов Владимир Иванович - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.12 – «Силовая электроника».

Официальный оппонент,

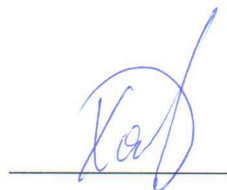
д.т.н., профессор, директор института силовой электроники, заведующий кафедрой электроники и электротехники ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

630073, г. Новосибирск, пр-т. К. Маркса, д.20.

E-mail: Kharit1@yandex.ru

Тел.: +7 383-346-08-66

« 25 » сентября 2018 г.



Харитонов С.А.

Подпись д.т.н., проф., заведующего кафедрой «Электроника и Электротехника», директора Института Силовой Электроники НГТУ Харитонов Сергея Александровича заверяю.

Начальник отдела кадров



Пустовалова О.К.